

УДК 594.32:57.088.5

О. І. Уваєва, А. П. Стадниченко

СЕДИМЕНТАЦІЙНА АКТИВНІСТЬ VIVIPARUS VIVIPARUS (MOLLUSCA: GASTROPODA: PECTINIBRANCHIA) У ВОДОСХОВИЩІ ВІДСІЧНОМУ¹

Представлено результати дослідження седиментаційної активності гребінчастозябрових молюсків *Viviparus viviparus* (Linne, 1758) у водосховищі Відсічному на р. Тетерів. З'ясовано залежність швидкості седиментації від віку і маси тіла молюсків і статеві відмінності седиментаційної активності. Проаналізовано вплив деяких абіотичних чинників (кількість зависей, температура) на седиментаційну роботу *V. viviparus*.

Ключові слова: *Viviparus viviparus*, седиментація, маса тіла, стать, абіотичні чинники.

В останні десятиріччя практично всі річки і озера України забруднюються промисловими, сільськогосподарськими та побутовими відходами. Разом з тим відбувається природне самоочищення води, що включає фізичні, хімічні та біологічні складові, у тому числі і фільтрацію та седиментацію гідробіонтами. Седиментація є наслідком фільтраційного процесу тварин. Як кількісну характеристику біофільтрації використовують швидкість фільтрації — об'єм води, який гідробіонт здатний пропустити через свій водоруховий апарат за певний проміжок часу, як кількісну характеристику біоседиментації — швидкість седиментації, тобто масу зависей, що осіла із водної товщі у донні відклади завдяки фільтраційній активності гідробіонтів за певний проміжок часу.

Молюски-фільтратори здійснюють значну очисну роботу у водоймах і водотоках. Як у двостулкових, так і у гребінчастозябрових червононогих молюсків фільтрація води здійснює насамперед дихальну функцію. Механізм фільтрації і седиментації в обох групах молюсків однаковий. Ефект освітлення води, зумовлений фільтраційною та седиментаційною активністю двостулкових молюсків, відомий давно і описаний у низці наукових праць [1—3, 8, 9, 13, 14]. Червоногі гребінчастозяброві молюски, які завдяки поєднанню фільтрації із седиментацією беруть участь у перенесенні частини зависей із водної товщі у донні відклади, у цьому аспекті залишаю-

¹ Роботу виконано за кошти гранту Президента України для обдарованої молоді.

ться майже недослідженими. Існують лише окремі згадки про роль *Viviparus viviparus* в очищенні води від зависей внаслідок безупинної діяльності фільтраційного апарату ктенидія [13, 16].

Калюжниця річкова *V. viviparus* є одним із найбільш широко розповсюджених гребінчастозябрових молюсків у водоймах України [7]. Щільність поселення і біомаса її популяцій за сприятливих екологічних умов досягають високих значень ($40\text{—}130$ екз/м² і $170\text{—}380$ г/м²), іноді чисельність буває значно вищою, наприклад в оз. Лиман Зміївської ДРЕС — до 3200 екз/м² [10]. Ці молюски відіграють значну роль в осадженні зависей, сприяючи тим самим зниженню забруднення і евтрофування водойм. Метою даної роботи було дослідження седиментаційних властивостей *V. viviparus*.

Матеріал і методика досліджень. Матеріалом дослідження слугували 330 екз. *V. viviparus* віком від 0+ до 5+ з висотою черепашки 0,9—3,4 см. Експериментальні дослідження проводили протягом травня — серпня 2011 р. у водосховищі Відсічному на р. Тетерів (с. Корчак Житомирської обл.). Воно створене для ізоляції верхів'я Житомирського водосховища, де розташований питний водозабір міста, від частини водосховища, куди впадає р. Гнилоп'ять, забруднена стічними водами Бердичівського шкірзаводу. Довжина водойми становить 16 км, площа — 320 га, площа водозбору — 1780 км², повний об'єм — 10,2 млн. м³, максимальна глибина — 11 м, середня — 3,2 м [5].

Збір матеріалу проводили загальноприйнятими методами [6]. Видову належність молюсків визначали за [15]. Масу встановлювали на електронних вагах марки ТВЕ-0,3-0,01, висоту черепашки — за допомогою електронного штангенциркуля. Показником віку особи слугувало число концентричних рельєфних ліній на кришечці черепашки. Стать молюсків визначали за наявності у них вираженого статевого диморфізму: у самців праве щупальце коротке, потовщене і тупе (воно перетворилося на копулятивний орган), тоді як у самок праве і ліве щупальця однакової форми і розміру.

Для встановлення основних показників седиментаційної активності молюсків було проведено серію польових експериментів із застосуванням методу «лійок» [3, 9], яким передувала обов'язкова аклімація впродовж 15 діб [12]. Для дослідів використано спеціальні апарати — перевернуті плексигласові конуси висотою 60 і діаметром 36 см. На відстані двох третин від верхівки закріплювали металеву сітку, на яку поміщали по 10 екз. молюсків відповідної розмірної групи і статі. Низ апарату закінчувався гумовою трубкою із затискачем, верх його зтягували марлею із розміром комірок 5 × 5 мм. Апарати у водоймі розміщували у підвішеному стані на глибині 1,5 м. Одночасно поряд з експериментальними занурювали і три контрольні апарати (без молюсків). Експозиція становила 15 діб. За цей час у нижній частині конусів збирався осад як седиментований молюсками, так і той, що утворився внаслідок пасивного гравітаційного осідання зависей. У контрольних апаратах накопичувались лише пасивно осілі зависі. Після експозиції апарати обережно виймали, воду з них разом із осадам зливали у ємності і випарювали на електроплитці, отриману при цьому суху речовину зважували з точністю до 0,01 г.

Швидкість седиментації (S) визначали за формулою [14]:

$$S = \frac{C_t - C_0}{Nt},$$

де S — швидкість седиментації, мг/екз·доба (або мг/г·доба); C_t — загальна маса осаду, що накопичувався в експериментальних апаратах (з молюсками), мг/доба; C_0 — маса осаду, що пасивно осів у контрольних апаратах (без молюсків), мг/доба; N — кількість молюсків, екз.; t — час, доба. Всі досліді проводили у триразовій повторюваності. Статистичний аналіз проведено за допомогою програм Statistica 6.0 та Excel.

Результати досліджень та їх обговорення

Вода, що фільтрується молюсками, є для них джерелом кисню і корму. Завислий у воді матеріал (мінеральні і органічні часточки), який через ввідний сифон надходить до мантийної порожнини, завдяки роботі війчастого епітелію калюжниць осідає на їх односторонньому ктенидії, осфрадії (що контролює кількість зависей) і внутрішній поверхні мантиї у вигляді ослизливих грудочок. Останні формуються за участю слизу, який секретується як одноклітинними залозами — мукоцитами [16], так і гіпобранхіальною залозою. Цей важливий орган гребінчастозябрових молюсків слугує для очищення вищезгаданих компонентів їх мантийного комплексу від засмічення. Частина ослизливих грудочок споживається молюсками: вони направляються із мантийної порожнини до ротового отвору по війчастому кормовому жолобку до правого краю рострума. Кормовий матеріал, який входить до складу грудочок, представлений здебільшого бактеріями, водоростями, коловертками, дрібним детритом. Принагідно нагадаємо, що до рота калюжниць потрапляють також водорості, тканини відмерлих вищих водних рослин і детрит різного походження, які ці тварини зішкрібають з поверхні субстрату за допомогою радули [13]. Інша частина ослизливих грудочок (здебільшого неістивні мінеральні частинки) виштовхується молюсками назовні у вигляді аглютинованих слизом грудочок — псевдофекалій. Отже, седиментований молюсками осад складається з двох компонентів — фекалій (часточки, які пройшли шлунково-кишковий тракт) і псевдофекалій. Він повільно осаджується на глибини і входить до складу донних відкладів. Органічні речовини фекалій і псевдофекалій слугують поживним середовищем для низки безхребетних, зокрема для личинок хірономід. Неутилізовані донними тваринами органічні речовини, осажені молюсками, підпадають бактеріальній деструкції або окиснюються за рахунок розчиненого у воді кисню [2].

Щільність поселення калюжниць річкової у водосховищі Відсічному варіювала у межах 23—58 екз/м², біомаса — 40,5—134,8 г/м². За таких показників вони є відчутним біофільтром: швидкість седиментації у травні 2011 р. становила тут 0,1—8,5 мг/екз·доба (табл. 1). Для порівняння, у водоймі-охолоджувачі Чорнобильської АЕС швидкість седиментації *Dreissena bugensis* (Andr.) становить 1—4, а *Unio tumidus* (Ph.) — 13—70 мг/екз·доба [3].

1. Седиментаційна активність ($\bar{x} \pm m_x$) *V. viviparus* у водосховищі Відсічному (травень 2011 р.)

Вік, роки	Висота черепашки, см	Маса молюска, г	Швидкість седиментації	
			мг/екз·доба	мг/г·доба
0+	0,9—1,1	0,4—0,6	$0,1 \pm 0,04$	$0,20 \pm 0,11$
1+	1,6—1,8	0,9—1,4	$0,7 \pm 0,35$	$0,63 \pm 0,04$
2+	2,1—2,3	1,9—2,2	$1,5 \pm 0,42$	$0,75 \pm 0,07$
3+	2,6—2,9	3,0—3,5	$2,5 \pm 0,82$	$0,75 \pm 0,08$
4+	3,1—3,2	5,4—5,8	$5,4 \pm 0,48$	$0,63 \pm 0,06$
5+	3,3—3,4	7,8—8,5	$8,5 \pm 0,73$	$0,56 \pm 0,08$

Швидкість седиментації *V. viviparus* зростає із збільшенням їх віку (див. табл. 1). Це пов'язано насамперед із збільшенням їх розмірів, а відтак і площі поверхні зябрового апарату. Відомо, що швидкість фільтрації, розрахована на одиницю маси особини, зменшується зі зростанням маси тіла (розміру) [2]. У водосховищі Відсічному виявлено залежність між седиментаційною активністю молюсків і їх лінійними розмірами. Швидкість седиментації, розрахована на одиницю маси тіла особини (мг/г·доба), із збільшенням висоти черепашки спочатку зростає, досягаючи максимуму у особин середніх лінійних розмірів (1,9—3,5 см), а надалі зменшується.

Для оцінки зв'язку між швидкістю седиментації і висотою черепашки та загальною масою тіла молюсків було застосовано метод кореляції Пірсона. Встановлено пряму лінійну залежність швидкості седиментації, розрахованої на особину (мг/екз·доба), від висоти черепашки ($r = 0,91$) (див. табл. 1) і маси тіла ($r = 0,98$). Ця залежність апроксимована у вигляді степеневої функції

$$S = aW^b,$$

де S — швидкість седиментації, мг/екз·доба; W — загальна маса тіла, г; a і b — коефіцієнти рівняння для даного діапазону маси (0,4—8,5 г). У досліджених нами особин ($n = 60$) вона виражена рівнянням $S = 0,416 \cdot W^{1,531}$. Ця формула може бути використана для орієнтовної оцінки седиментаційної діяльності *V. viviparus*.

Седиментаційна активність трирічних самок *V. viviparus* була вищою, ніж самців такого ж віку ($p < 0,05$) (табл. 2). Можливо, підвищена седиментаційна, а отже і фільтраційна активність самок пов'язана із більш високими потребами у кисні, необхідному метаболічних процесів під час їх репродуктивної активності.

Проаналізовано також зв'язок між кількістю зависей у воді та седиментаційною активністю молюска. Кількість зависей у воді виражали через масу осаду, що накопичувався у контрольних апаратах за добу (мг/доба), виходячи з того, що швидкість пасивної седиментації є постійною і про-

2. Седиментаційна активність трирічних самців і самок *V. viviparus* у водосховищі Відсічному (травень 2011 р.)

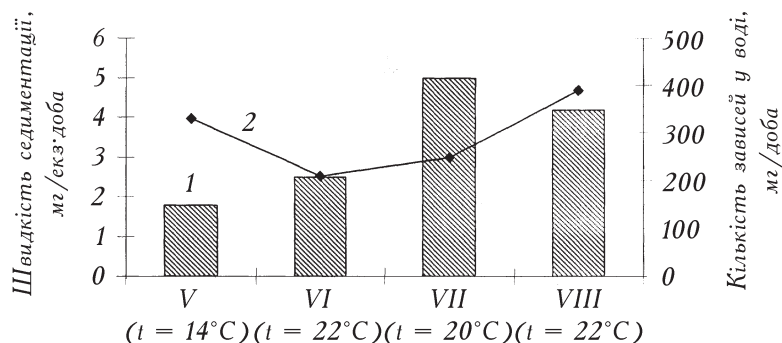
Стать	Висота черепашки, см	Маса молюска, г	Швидкість седиментації, мг/екз·доба	
			min — max	$\bar{x} \pm m_x$
Самці	2,7—2,8	3,0—3,4	1,6—2,7	$1,9 \pm 0,48$
Самки	2,7—2,8	3,0—3,5	2,4—4,2	$3,1 \pm 0,73$

порційною їх концентрації у воді. Швидкість седиментації у трирічних *V. viviparus* протягом травня — серпня 2011 р. коливалась від 1,8 до 5,0 мг/екз·доба, а кількість зависей у воді — 210—390 мг/доба (рисунок). За даними лабораторії КП «Житомирводоканал», каламутність води у водосховищі Відсічному підвищувалась з травня до серпня 2011 р. з 4,9 до 10,0 мг/дм³. Вираженої залежності між кількістю зависей і седиментаційною активністю калужниць не відмічено ($r = 0,31$).

Разом з тим нашими попередніми експериментальними дослідженнями з *V. contectus* з'ясовано, що при значному зростанні кількості зависей у воді швидкість фільтрації і седиментації знижується через механічне забивання ктенидія [11]. З частинок седиментованого матеріалу і слизистого секрету гіпобранхіальної залози у цих тварин формуються численні грудочки різного розміру, які закупорюють отвори водних трубочок, що пронизують ктенидій, і тим самим обмежують надходження води (отже і кисню) у внутрішньозяброву порожнину. Зростання кількості зависей у природних водоймах (байдуже мінерального чи органічного походження) пригнічує зяброве дихання молюсків, а відтак і зменшує їх очисний потенціал. В особливо важких випадках можливі летальні наслідки.

Одним із універсальних абіотичних чинників, який зумовлює перебіг усіх фізіологічних процесів у тварин, є температура. Найбільшу седиментаційну активність *V. viviparus* (5 мг/екз·доба) відмічено у липні, коли температура води у водосховищі становила 20°C (див. рисунок). Загалом температурний діапазон 15—24°C є найбільш оптимальним для фільтраційної і седиментаційної роботи молюсків [2, 9, 11], як і для успішного здійснення багатьох інших фізіологічних процесів цими пойкилотермними тваринами, поширеними у межах Бореальної температурної області гідросфери [4]. Відхилення температури від оптимуму призводить до ослаблення очисного потенціалу молюсків через пригнічення роботи їх в'їчастого епітелію [2].

Виходячи із середніх значень щільності поселення і біомаси *V. viviparus* (34 екз/м² і 78,4 г/м²) та показників їх активності (див. табл. 1), можна оцінити їх роль у седиментаційних процесах водосховища Відсічного. Оскільки швидкість седиментації у середньому становить 0,58 мг/г·доба, то з 1 м² площі водного дзеркала вони за добу седиментують 45,47 мг зависей. Уся сукупність поселень *V. viviparus* у водосховищі Відсічному (площа водного дзеркала — 320000 м²) за добу осаджує з води 14,55 кг зависей. За вегетаційний сезон, який у водосховищі становить сім місяців (з початку квітня до кінця жовтня), ці молюски можуть осадити до 3,1 т зависей. Навіть



Сезонна динаміка седиментаційної активності 3-річних *V. viviparus* (1) і кількості зависей у воді (2) у водосховищі Відсічному (2011 р.).

приблизні розрахунки свідчать про великий седиментаційний потенціал *V. viviparus* і їх важливу роль у процесах очищення води, утворенні донних відкладів органічного походження і забезпеченні харчових потреб бентосних тварин.

Висновки

Таким чином, *V. viviparus*, що є активними фільтраторами і седиментаторами, значною мірою очищають воду від зависей. За вегетаційний сезон у водосховищі Відсічному вони можуть осадити до 3,1 т зависей. Найбільші очищувальні властивості мають середні за лінійними розмірами особини (1,9—3,5 см). Седиментаційна активність самок у 1,6 разів більша, ніж самців. Швидкість седиментації у цих тварин тісно пов'язана із загальною масою тіла, що описується ступеневою функцією. Осадження зависей найбільш інтенсивне у липні за температури води 20°C.

**

Моллюски *Viviparus viviparus*, будучи активними фільтраторами и седиментаторами, осуществляют очищение воды от взвешенных частиц. За вегетационный период в водохранилище Отсечном моллюски могут осадить до 3,1 т взвесей. Наибольшими очистительными свойствами обладают особи средних линейных размеров (1,9—3,5 см). Седиментационная активность самок в 1,6 раза выше, чем самцов. Скорость седиментации обусловлена общей массой тела, связь описывается степенной функцией. Осаждение взвесей наиболее интенсивно в июле при температуре воды 20°C.

**

Mollusks Viviparus viviparus are active filterers and sedimentators, they clear water from the suspension. Over a vegetation season in the Vidsichne reservoir mollusks can settle up to 3,1 tons of suspension. Specimens of moderate size (shell height 1,9—3,5 cm) possess maximal sedimentation activity. The sedimentation rate of females is 1,6 times as much than males. The sedimentation rate is closely related to body mass, relation is described by the

power function. Suspension sedimentation is the most active in July at water temperature 20°C.

**

1. Алексенко Т.Л., Александрова Н.Г. Роль двустворчатых моллюсков в минерализации и седиментации органического вещества Днепрово-Бугского лимана // Гидробиол. журн. — 1995. — Т. 31, № 2. — С. 17—22.
2. Алимов А.Ф. Функциональная экология пресноводных двустворчатых моллюсков. — Л.: Наука, 1981. — 248 с.
3. Балан П.Г., Веклярський Р.З., Вєрвєс Ю.Г. та ін. Модельні групи безхребетних тварин як індикатори радіоактивного забруднення екосистем. — К.: Фітосоціоцентр, 2002. — 204 с.
4. Березина Н.А. Гидробиология. — М.: Высш. шк., 1963. — 187 с.
5. Дика Т.П., Жежеря В.А., Линник П.М. Вміст та форми знаходження силіцію у воді річки Тетерів // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. — 2013. — Т. 29. — С. 46—54.
6. Жагин В.И. Методы гидробиологических исследований. — М.: Высш. шк., 1960. — 189 с.
7. Жморщук М.В., Ангріїчук Т.В., Гарбар О.В. Поширення молюсків роду *Viviparus* Montfort, 1810 (Gastropoda: Viviparidae) на території України // Біологічні дослідження — 2014: Мат. V наук.-практ. Всеукр. конф. молод. учен. та студ., 4—5 бер. 2014 р. — Житомир, 2014. — С. 140—141.
8. Золотницький О.П. Біологічні основи культивування промислових двостулкових молюсків (*Bivalvia*, *Mytiliformes*) у Чорному морі: Автореф. дис. ... докт. біол. наук. — К., 2004. — 39 с.
9. Михеев В.П. Питание дрейссены в прудах и водохранилище в зависимости от условий среды // Тр. ВНИИПРХ. — 1966. — Т. 14. — С. 169—178.
10. Протасов А.А., Силаева А.А. Контурные группировки гидробионтов в техно-экосистемах ТЭС и АЭС. — Киев, 2012. — 272 с.
11. Увасєва О.І. Фільтраційна здатність живородки болотяної (*Mollusca*: *Pectinibranchia*: *Viviparidae*) за дії різних абіотичних чинників водного середовища // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. — 2012. — Вип. 58. — С. 144—149.
12. Хлебович В.В. Аклимация животных организмов. — Л.: Наука, 1981. — 136 с.
13. Цихон-Луканина Е.А. Трофология водных моллюсков. — М.: Наука, 1987. — 177 с.
14. Шевцова Л.В. Роль дрейссены бугской в осаждении взвеси и трансформации органического вещества // Гидробиол. журн. — 1989. — Т. 25, № 3. — С. 44—49.
15. Glöer P. Süßwassergastropoden. Mollusca I. Nord und Mitteleuropas. — Hackenheim: ConchBooks, 2002. — 327 s.
16. Piechocki A. Mięczaki (Mollusca). Ślimaki (Gastropoda). Fauna słodkowodna Polski. — Warszawa; Poznań: Państwowe wydawnictwo naukowe, 1979. — Z. 7. — 187 s.